ΣΤΑΤΙΚΑ ΗΜΜ ΠΕΔΙΑ

- Καταναλισκόμενη ισχύς σε ωμικό αγωγό.

Το έργο που παράγεται από το ηλεκτρικό πεδίο πάνω σ'ένα ελεύθερο φορτίο του αγωγού είναι,

$$dW = \vec{f} \cdot d\vec{r} = q\vec{E} \cdot \vec{v} dt$$

άρα

$$P = \frac{dW}{dt} = q\vec{v} \cdot \vec{E}$$

Αν υπάρχουν **n** ελεύθερα φορτία ανά μονάδα όγκου, τότε η ισχύς που καταναλίσκεται ανά μονάδα όγκου του αγωγού ισούται με

$$P = nq\vec{v} \cdot \vec{E} = \vec{J} \cdot \vec{E}$$

οπότε η συνολική ισχύς που καταναλίσκεται από τον αγωγό γράφεται

$$P = \int_{\Omega} (\vec{J} \cdot \vec{E})\, d\Omega$$

όπου Ω είναι ο όγκος του αγωγού.

Στη περίπτωση του ραβδόμορφου αγωγού $\vec{J}\cdot\vec{E}$ *= σταθερό, οπότε*

$$P = \frac{IE}{A}(Al) = I\left(\frac{V}{l}\right)l = IV$$

δηλ. η καταναλισκόμενη ισχύς μέσα σ' ένα ωμικό αγωγό ισούται με

$$P = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

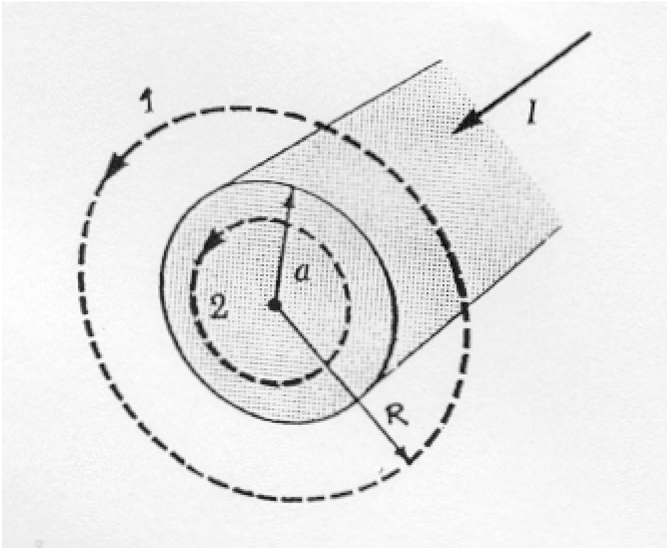
- *Νόμος του Ampere για το μαγνητικό πεδίο*

Η κυκλοφορία του Β κατά μήκος μιάς κλειστής διαδρομής C ισούται μ_o *επί το συνολικό ρεύμα* I_A *που διαπερνά την επιφάνεια που περικλείεται από την C,*

$$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_o I_A$$

όπου το επικαμπύλιο ολοκλήρωμα υπολογίζεται πάνω στη συγκεκριμένη διαδρομή C.

Παράδειγμα: *Το μαγνητικό πεδίο μέσα και έξω από κυλινδρικό αγωγό ακτίνος a που διαρρέεται από ρεύμα I.*



Λόγω της κυλινδρικής συμμετρίας του προβλήματος, το μαγνητικό πεδίο θα είναι εφαπτομενικό στις ομοαξονικές περιφέρειας προς τον άξονα του αγωγού και μέτρου B=B(R).

1) για R≥a, επιλέγουμε στο νόμο του Ampere τη κλειστή διαδρομή 1,

$$\oint_1 \vec{B}\cdot d\vec{l} = B\oint_1 dl = B\cdot 2\pi R == \mu_o I$$

όπου $I_A=I$, άρα

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi R} \qquad (\text{για } R\geq a)$$

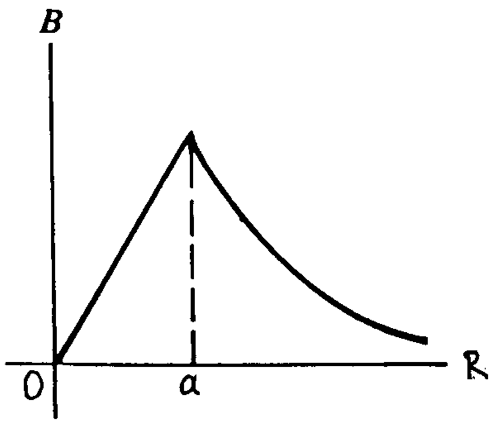
2) για R≥a, επιλέγουμε στο νόμο του Ampere τη κλειστή διαδρομή 2,

$$\oint_2 \vec{B}\cdot d\vec{l} = B\oint_2 dl = B\cdot 2\pi R == \mu_o I_A$$

όπου $I_A/I=\pi a^2/\pi R^2$, *άρα*

$$B = \frac{\mu_o RI}{2\pi a^2} \qquad (\text{για } R\leq a)$$

Γραφική παράσταση του B από την απόσταση R από τον άξονα του αγωγού.

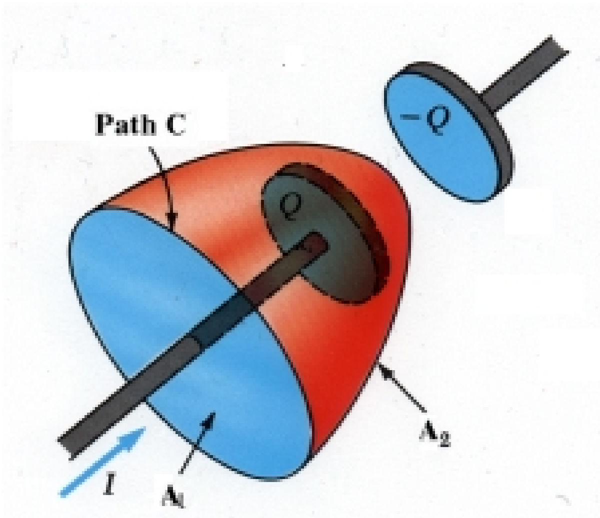


- *Νόμος του Ampere σε διαφορική μορφή*

Εφαρμόζουμε το θεώρημα του Stokes:

$$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \int_A (\vec{\nabla}\times\vec{B})\cdot d\vec{A} \quad (1)$$

δηλ. η κυκλοφορία του διανύσματος $\vec{B}$ γύρω από μια κλειστή διαδρομή C ισούται με τη ροή του διανύσματος $(\vec{\nabla}\times\vec{B})$ μέσα από την επιφάνεια A (η οποία περατούται στη κλειστή καμπύλη C).



Ομως το συνολικό ρεύμα που διέρχεται δια μέσου μιας επιφάνειας A ισούται με

$$I_A = \int_A \vec{J}\cdot d\vec{A} \qquad (2)$$

Αντικαθιστώντας τον νόμο του Ampere

$$\int_A (\vec{\nabla}\times\vec{B})\cdot d\vec{A} = \mu_o \int_A \vec{J}\cdot d\vec{A}$$

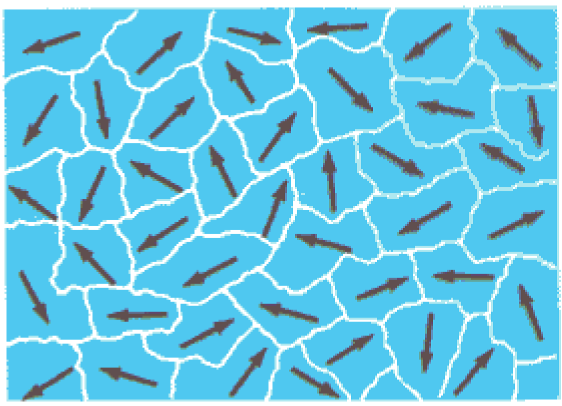
απ' όπου προκύπτει: $\vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu_o \vec{J}$

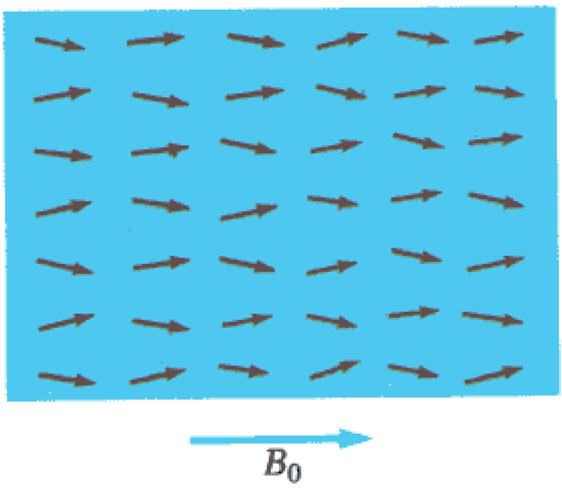
Η σχέση αυτή αποτελεί τον νόμο του Ampere σε διαφορική μορφή.

• *ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ΤΗΣ ΥΛΗΣ*

Τα μόρια ή άτομα των μαγνητικών υλικών έχουν μόνιμη ή επαγόμενη διπολική ροπή.

• *Σιδηρομαγνητικά (π.χ. Fe, Cu, Ni, Gd, Dy) και Παραμαγνητικά (π.χ. Mn^{+2}, U^{+4}): τα υλικά των οποίων τα συστατικά άτομα ή μόρια έχουν μόνιμη μαγν. διπολική ροπή.*





• *Διαμαγνητικά (Bi, Ag,…), των οποίων τα άτομα ή μόρια εμφανίζουν επαγόμενη διπολική ροπή (όταν εφαρμοστεί εξωτερ. πεδίο).*

Δυναμική ενέργεια *μαγν. διπόλου μέσα σε μαγνητικό πεδίο:* $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}_0$

- *Αρα, τα μαγνητικά δίπολα τείνουν να προσανατολίζονται κατά την διεύθυνση του εφαρμοζόμενου μαγν. πεδίου* $\boldsymbol{B_0}$, *ώστε να ελαχιστοποιείται η δυναμική τους ενέργεια (βλέπε παραπάνω σχήμα).*

- *Αυτός ο συλλογικός προσανατολισμός των μικροσκοπικών μαγνητ. ροπών δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο* $\boldsymbol{B_M}$ *που επιπροστίθεται στο εφαρμοζόμενο πεδίο.*

- *Η συλλογική αντίδραση του μαγνητικού υλικού λέγεται* ***μαγνήτιση*** *του υλικού και εκφράζεται ποσοτικά από την διανυσματική ποσότητα που λέγεται* ***μαγνήτιση***

$$\vec{M} = \frac{\vec{\mu}_{ολ}}{\Omega}$$

η οποία εκφράζει την συνολική μαγνητική ροπή ανά μονάδα όγκου Ω (μονάδες A/m).

Οπότε, το ***συνιστάμενο*** *μαγνητικό πεδίο μέσα στο μαγνητικό υλικό θα είναι*

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_o \vec{M}$$

Ενταση *του μαγνητίζοντος πεδίου ορίζεται*

$$\vec{H}_0 = \frac{\vec{B}_0}{\mu_o}$$

(μονάδες A/m), οπότε το συνιστάμενο πεδίο γράφεται

$$\vec{B} = \mu_o(\vec{H}_0 + \vec{M})$$

Για μια κατηγορία μαγνητικών υλικών ισχύει

$$\vec{M} = \chi \vec{H}_0$$

Η αδιάστατη σταθερά χ καλείται μαγ. ***επιδεκτικότης*** *(susceptibility) του μαγν. υλικού.*

Οπότε το συνιστάμενο πεδίο γράφεται

$$\vec{B} = \mu_o(1+\chi)\vec{H}_0 = \mu\vec{H}_0$$

Η σταθερά $\boldsymbol{\mu}=\mu_o(1+\chi)$ *καλείται* ***διαπερατότης*** *(permeability) του μαγν. υλικού.*

- *Νόμος του Ampere μέσα σε μαγν. υλικό*

$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{A,\alpha\gamma\omega\gamma.} + I_{\mu\varepsilon\tau\alpha\tau.}$$

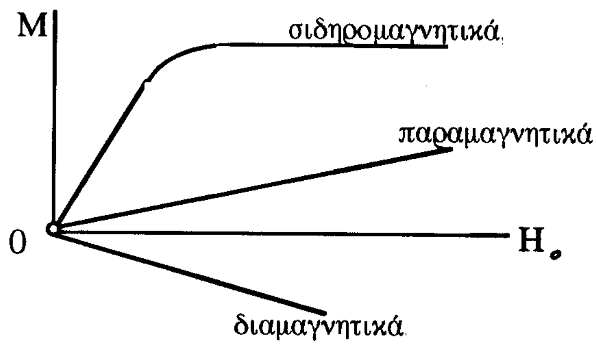
όπου $I_{A,\alpha\gamma\omega\gamma.}$ *είναι το ρεύμα αγωγιμότητος που διαπερνά την επιφάνεια Α και* $I_{\mu\varepsilon\tau\alpha\tau.} = \varepsilon_o \dfrac{d\Phi_E}{dt}$ *είναι το ρεύμα μετατόπισης*

Ταξινόμηση των μαγν. υλικών:

- *Παραμαγνητικά υλικά:* $\mu > \mu_o$
- *Διαμαγνητικά υλικά:* $\mu < \mu_o$
- *Σιδηρομαγνητικά υλικά:* $\mu >> \mu_o$

Τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητος για μερικά υλικά:		
Al (αλουμίνιο)	$\chi = 2.3\ 10^{-5}$	*(παραμαγνητικό)*
Bi (βισμούθιο)	$\chi = -1.66\ 10^{-5}$	*(διαμαγνητικό)*

Η μαγνήτιση M ως συνάρτηση του μαγνητίζοντος πεδίου H_0 *για τις τρεις κατηγορίες των μαγνητικών υλικών:*



- *Περιοχές Weiss* *(*10^{-8}*-*$10^{-3} m^3$ *με* 10^{21}*-*10^{17} *άτομα)*